

PERENCANAAN HOTEL HOLIDAY INN EXPRESS TUBAN-BALI DENGAN MENGGUNAKAN BAJA KOMPOSIT

Domingos Simplicio Sarmiento (11.61.121.038)
Fakultas Teknik Universitas Warmadewa
Jl. Terompong Tanjung Bungkak Denpasar 80235
Telp. (0361) 223858, Fax. (0361) 235076
Email : domi.simplicio@yahoo.com

ABSTRAK

Teknologi yang saat ini sedang berkembang pesat, hat ini tidak luput dari dunia konstruksi yang juga mengalami kemajaun dalam bidang desain. Selama ini bahan yang digunakan dalam bidang konstruksi khususnya bangunan gedung masih sata-rata meggunakan bahan dari kayu dan beton. Namun seiring dengan berkembangnya waktu dan ilmu pengetahuan mulai meggunakan material baja. Dengan menggunakan material baja dapat mengurangi sampat-sampah konstruksi yang selama ini menjadi masalah bagi lingkungan. Dari perkembangnya pengetahuan dam bidang konstruksi tersebut maka terciptalah berbagai metode dalam mendesain struktur salah satu diantaranya adalah sistem *struktur kompsit* yang terdiri dari gabungan antara baja dan beton.

Pada tugas akhir ini membahas mengenai perhitungan struktur komposit pada *super struktur*, *upper struktur* menggunakan baja profil dan *sub struktur* menggunakan beton bertulang. Bangunan ini terdiri dari 7 lantai dimana dimesi bangunan 68,25x46,2 m², bangunan yang dianalisa berada di medan dengan kondisi tanah sedang. Untuk analisa struktur dalam penulisan tugas akhir ini megunakan bantuan program SAP 2000 V14, sedangkan dalam perhitungan elemen struktur dilakukan secara manual dengan metode LRFD yang berpedoman kepada SNI-03-1729-2002. Analisa struktur diasumsikan dengan menggunakan konsep *Strong Column Weak Beam* (SCWB).

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapat bahwa bangunan yang dianalisa telah memenuhi syarat LRFD dan SCWB yang berpedoman kepada SNI-03-1729-2002.

Kata kunci: Struktur Komposit, LRFD, SCWB, SNI 1726-2012.

DISIGNE STRUCTURE OF HOTEL HOLIDAY INN EXPRESS TUBAN-BALI USIED COMPOSITE STEEL

Domingos Simplicio Sarmiento (11.61.121.038)
Fakultas Teknik Universitas Warmadewa
Jl. Terompong Tanjung Bungkak Denpasar 80235
Telp. (0361) 223858, Fax. (0361) 235076
Email : domi.simplicio@yahoo.com

ABSTRACT

The technology is currently growing rapidly, it is not immune from the world of construction is also progressing in the filed of design. So far, materials used in the building construction filed in particular is still an average use materials of wood and concrete. However, with development time and materials science began using steel. With useded steel material can reduce construction waste which has been problem for the environment. Of the development of knowledge in the construction field it creates various methods in designing the structure of one of them is a system of composite structure consisting of a combination of steel with concrete.

In this thesis discusses the analysis of composite structures in the Super Structure. Upper structure used steel profile and Sub structure used reinforces concrete. This building consists of 7 floors where this dimensions 68,25x46,2 m², the building is analyse in field whit medium soil conditions. For analysis structure of this theses used assistances program SAP 2000 V14, whereas in analysing element structure done manually with the LRFD method guided by SNI 03-1729-2002. Calculate of the structure assumed by using the concept of Strong Column Weak Beam (SCWB).

From the calculation that has been done, found that buildings analysed are qualified LRFD and SCWB are guided by SNI 03-1729-2002

Key word: Composite Structures, LRFD, SCWB, SNI 1726-2012.

I. PENDAHULUAN

Gedung *Hotel Holiday Inn Express* ini merupakan struktur bangunan berlantai 7 yang terdiri dari *Basement, Lower Ground, Ground, Lantai 1, lantai 2, Lantai 3*, dan *Lantai Atap*. *Upper Structure* menggunakan bahan baja profil dikarenakan baja memiliki kuat tarik yang besar, mudah dalam pemasangan, serta dapat menjangkau bentang – bentang yang panjang. *Super Structure* menggunakan bahan baja profil pada balok dan komposit baja - beton pada kolom dikarenakan struktur komposit mampu memberikan kinerja struktur yang baik dan lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan, kekakuan dan keunggulan ekonomis (Vebriano Rinaldy & Muhammad Rustailang, 2005).

Keistimewaan yang nyata dalam sistem komposit adalah: (1) Penghematan berat baja, (2) Penampang balok baja yang digunakan lebih kecil, (3) kekakuan lantai meningkat, (4) kapasitas menahan beban lebih besar, (5) Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar (CharlesG. Salmon, 1991). dan *Sub Structure* menggunakan bahan beton bertulang. Pemilihan konstruksi beton bertulang pada perencanaan ini dikarenakan : 1) Bahan dasar untuk beton bertulang mudah didapatkan dan memiliki ketahanan tinggi terhadap cuaca, air, api dan bahan kimia. 2) Beton yang baru dicor memiliki sifat kenyal sehingga lebih mudah dicetak sesuai bentuk yang diinginkan dari pada menggunakan baja atau beton pratekan yang merupakan struktur baku dari pabrik.

3) Beton bertulang dikerjakan tanpa adanya sambungan sehingga konstruksinya dapat menahan goyangan akibat gempa bumi.

Terkait dengan hal tersebut diatas, maka penulis mengangkat perencanaan struktur gedung ini sebagai Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Struktur Bangunan Hotel Holiday Inn Express Tuban-Bali Dengan Menggunakan Baja Komposit”**. Dalam menghitung struktur gedung ini, penulis dapat memahami, merencanakan suatu struktur gedung dan memecahkan permasalahan dalam proses perencanaan tersebut.

Tujuan dan Manfaat Perencanaan

Tujuan dari perencanaan struktur ini adalah Untuk lebih memahami dan mendalami langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan struktur gedung dengan menerapkan disiplin ilmu yang telah diterima selama mengikuti pendidikan di jurusan teknik sipil. Dan untuk manfaatnya Agar penulis mendapat memahani dan mendalami langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan struktur gedung mengunakan baja komposit dan menerapkan disiplin ilmu yang telah diterima selama mengikuti pendidikan di jurusan teknik sipil. Lokasi gedung ini direncanakan di Wilayah Tuban-Bali. Perencanaan ini akan digunakan mutu beton dan mutu baja tulangan dan baja profil sebagai berikut:

- BJ 37 ; $F_u = 370 \text{ MPa}$, $F_y = 240 \text{ MPa}$

- $f'c = 25 \text{ Mpa}$.

- $E_c = 4700 \sqrt{f'c} \text{ Mpa}$

- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- $f_y = 240 \text{ MPa}$ dan
- $E_s = 200000 \text{ MPa}$.

Data tanah perencanaan ini diambil dari hasil Sondir dan boring test yaitu pada kedalaman 30 m berupa tanah pasir halus sehingga sesuai dengan klasifikasi situs adalah klasifikasi situs SD (Tanah Sedang). Struktur gedung dianalisis secara 3 dimensi menggunakan bantuan software SAP2000 v14 dengan meninjau elemen-elemen struktur.

Gambaran Umum Gedung

Lokasi Bangunan : jalan Wana Segara No.33, Tuban – Bali,

Fungsi Bangunan : Hunian Hotel

Nama Bangunan : Hotel Holiday Inn Express

Sistem Struktur : Sistem rangka memikul momen khusus

Panjang Bangunan : 68,25 meter

Lebar Bangunan : 46,2 meter

Ketinggian Total Banguna : 16,8 meter

Jumlah Lantai : 7 lanantai

Bentuk Bangunan : Persegi Panjang

Kegunaan masing-masing lantai antara lain:

- ~ *Basement floor* berfungsi sebagai *parking area, geset, diesel fuel tank, meeting room, dan general workshop.*
- ~ *Lower ground floor* berfungsi sebagai *motor parking, staff dining, Panel room, IT-park room, general*

store, house keeping store, dry food store, loading dan parking / unloading parking.

- ~ *Groung floor* berfungsi sebagai *reception, main loby, internet corner, all dry dining, lounge, meeting room, furniture store, free function, gym, kids area, dan buffet.*
- ~ *1st floor* berfungsi sebagai Kamar Hotel.
- ~ *2nd floor* berfungsi sebagai Kamar Hotel.
- ~ *3rd floor* berfungsi sebagai Kamar Hotel.
- ~ Roof deck.

II. LANDASAN TEORI

Dalam perencanaan suatu struktur, pembebanan merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan karena dalam perencanaan dimensi tiap – tiap struktur tergantung pada beberapa hal antara lain : panjang bentang, besarnya beban bangunan dan fungsi bangunan tersebut. Dalam perencanaan ini pembebanan dilakukan dengan cara konvensional, artinya bahwa beban yang ada pada struktur tersebut dilimpahkan pada struktur lain yang lebih kokoh, misalnya beban pelat yang dilimpahkan ke balok yang diteruskan ke kolom dan dari kolom diteruskan pada pondasi.

Struktur Komposit

Struktur komposit (Composite) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik.

Penampang komposit adalah penampang yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban tekan dan lentur. Batang yang memikul lentur umumnya disebut dengan balok komposit sedangkan batang yang memikul beban tekan, tekan dan lentur umumnya disebut dengan kolom komposit.

Penampang komposit mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan penampang lempeng beton dan gelagar baja yang bekerja sendiri-sendiri dan dengan demikian dapat menahan beban yang lebih besar atau beban yang sama dengan lenturan yang lebih kecil pada bentang yang lebih panjang. Apabila untuk mendapatkan aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan pada tebal seluruh lantai, dan untuk bangunan-bangunan pencakar langit, keadaan ini memberikan penghematan yang cukup besar dalam volume, pekerjaan pemasangan kabel-kabel, pekerjaan saluran pendingin ruangan, dinding-dinding, pekerjaan saluran air, dan lain-lainnya. (Amon, Knobloch & Mazumder, 1999).

Balok Komposit

Sebuah balok komposit (composite beam) adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis diantara dua atau lebih bahan (Bowles, 1980). Beberapa jenis balok komposit antara lain :

a. Balok komposit penuh

Untuk balok komposit penuh, penghubung geser harus disediakan dalam jumlah yang memadai

sehingga balok mampu mencapai kuat lentur maksimumnya. Pada penentuan distribusi tegangan elastis, slip antara baja dan beton dianggap tidak terjadi (SNI 03-1729-2002 Ps.12.2.6).

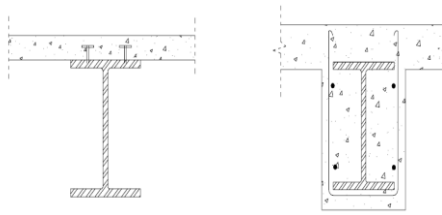
b. Balok komposit parsial

Pada balok komposit parsial, kekuatan balok dalam memikul lentur dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Perhitungan elastis untuk balok seperti ini, seperti pada penentuan defleksi atau tegangan akibat beban layan, harus mempertimbangkan pengaruh adanya slip antara baja dan beton (SNI 03-1729-2002 Ps. 12.2.7).

c. Balok baja yang diberi selubung beton

Walaupun tidak diberi angker, balok baja yang diberi selubung beton di semua permukaannya dianggap bekerja secara komposit dengan beton, selama hal-hal berikut terpenuhi (SNI 03-1729-2002 Ps.12.2.8)

- 1) Tebal minimum selubung beton yang menyelimuti baja tidak kurang dari pada 50 mm, kecuali yang disebutkan pada butir ke-2 di bawah.
- 2) Posisi tepi atas balok baja tidak boleh kurang daripada 40 mm di bawah sisi atas pelat beton dan 50 mm di atas sisi bawah plat.
- 3) Selubung beton harus diberi kawat jaring atau baja tulangan dengan jumlah yang memadai untuk menghindari terlepasnya bagian selubung tersebut pada saat balok memikul beban.



a) Balok Komposit (tanpa deck)

b) Balok baja diberi selubung beton

Gamabar 2.1 penampang balok komposit

Kekuatan Balok Komposit dengan Penghubung Geser

- 1) Kuat Lentur positif rencana ditentukan sebagai berikut (LRFD Pasal 12.4.2.1):

$$\text{- untuk } \frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

dengan $\Phi b = 0,85$ dan M_n dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit.

$$\text{- untuk } \frac{h}{t_w} > \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

dengan $\Phi b = 0,9$ dan M_n dihitung berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastis yang memperhitungkan pengaruh tumpuan sementara plastis pada penampang komposit.

- 2) Kuat Lentur negatif rencana $\Phi b.M_n$ harus dihitung untuk penampang baja saja, dengan mengikuti ketentuanketentuan pada butir 8 (LRFD Pasal 12.4.2.2) :

Lebar efektif plat lantai :

- Untuk gelagar interior :

$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq b_o \text{ (untuk jarak balok yang sama)}$$

- Untuk gelagar eksterior :

$$b_E \leq \frac{L}{8}$$

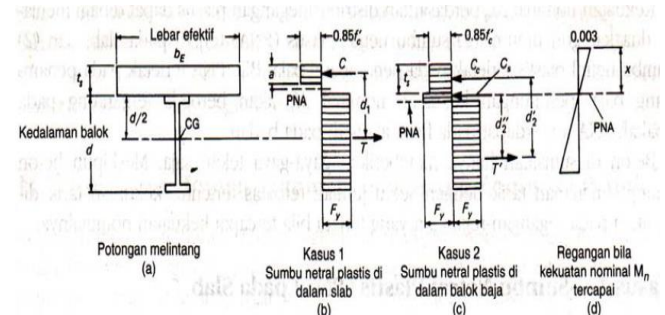
$$b_E \leq b_o + (\text{jarak dari pusat balok ke pinggir slab})$$

dimana : L = bentang balok

b_o = bentang antar balok

Menghitung momen nominal

Perhitungan M_n berdasar distribusi tegangan plastis :



Gamabar 2.2 Distribusi tegangan plastis (Sumber : Charles G. Salmon, 1996)

- Menghitung momen nominal (M_n) positif

1. Menentukan gaya tekan (C) pada beton :

$$C = 0,85.f'c.tp.b_{eff}$$

Menentukan gaya tarik (T) pada baja :

$$T = A_s.f_y$$

Dipilih nilai yang terkecil dari kedua nilai di atas

2. Menentukan tinggi blok tekan efektif :

$$a = \frac{A_s.f_y}{0,85.f'c.b_{eff}}$$

3. Kekuatan momen nominal :

$$M_n = C.d_l \text{ atau } T.d_l$$

Bila kekuatan nominal dinyatakan dalam bentuk gaya baja akan diperoleh :

$$Mn = As \cdot fy \left(\frac{d}{2} + ts - \frac{a}{2} \right)$$

- Menghitung momen nominal (Mn) negatif.

1. Menentukan lokasi gaya tarik pada balok baja

$$T = n \cdot Ar \cdot fyr$$

$$Pyc = As \cdot fy$$

Gaya pada sayap ; $Pf = bf \cdot tf \cdot fy$

Gaya pada badan ;

$$aw = \frac{Pw}{tw \cdot fy} \quad Pw = \frac{Pyc - T}{2} - Pf$$

2. Menghitung jarak ke centroid

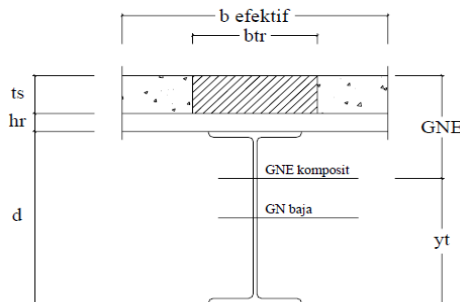
$$d_1 = hr + tb - c$$

$$d_2 = \frac{(Pf \cdot 0,5 \cdot tf) + (Pw(tf + 0,5 \cdot a_{web}))}{Pf + Pw}$$

$$d_3 = \frac{d}{2}$$

3. Menghitung momen ultimate :

$$Mn = T(d_1 + d_2) + Pyc(d_3 - d_2)$$



Gamabar 2.3 Metode transformasi luasan

Perhitungan Mn berdasar distribusi tegangan elastis :

1. Menghitung nilai transformasi beton ke baja

$$Ec = 4700 \cdot \sqrt{fc'} \text{ Mpa} \dots\dots\dots \text{ untuk beton normal.}$$

$$Es = 200000 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{Es}{Ec}$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot ts$$

2. Menentukan letak garis netral penampang transformasi (dimomen ke ambang atas)

$$GNE = \frac{A_{tr} \cdot \frac{ts}{2} + \left(A_s \cdot \left(ts + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + A_s)}$$

3. Menghitung momen inersia penampang transformasi

$$It = \frac{b_{tr} \cdot (ts)^3}{12} + A_{tr} \left(GNE - \frac{ts}{2} \right)^2 + Ix + A_s \left(\left(\frac{d}{2} + ts + hr \right) - GNE \right)^2$$

4. Menghitung modulus penampang transformasi

$$yc = GNE$$

$$yt = d + ts + hr - GNE$$

$$S_{tr,c} = \frac{I_{tr}}{yc} \quad \text{dan} \quad S_{tr,t} = \frac{I_{tr}}{yt}$$

5. Menghitung momen ultimate

Kapasitas momen positif penampang balok komposit penuh digunakan dari nilai yang terkecil dari :

$$Mn1 = 0,85 \cdot fc' \cdot n \cdot S_{tr,c}$$

$$Mn2 = fy \cdot S_{tr,t}$$

$$\text{Jadi : } Mu \leq \phi \cdot Mn$$

Penghubung Geser

Kekuatan penghubung geser jenis paku (LRFD Pasal 12.6.3)

$$Qn = 0,5 \cdot Asc \cdot \left[\sqrt{fc' \cdot Ec} \right] \cdot rs \leq Asc \cdot fu$$

Dimana : rs untuk balok tegak lurus balok :

$$rs = \frac{0.85}{\sqrt{Nr}} * \left(\frac{wr}{hr} \right) * \left(\frac{Hs}{hr} - 1 \right) \leq 1$$

rs untuk balok sejajar balok :

$$r_s = 0.6 * \left(\frac{wr}{hr} \right) * \left(\frac{Hs}{hr} - 1 \right) \leq 1$$

Nr = jumlah stud setiap gelombang

Hs = tinggi stud

Hr = tinggi bondek

Wr = lebar efektif bondek

Asc = Luas penampang shear connector

Fu = Tegangan putus penghubung paku/stud

Qn = Kuat nominal geser untuk penghubung geser

Jumlah penghubung geser (shear connector) yang dibutuhkan yaitu :

$$n = \frac{C}{Qn}$$

Kontrol lendutan (Deflection)

Batasan lendutan atau deflection pada biaya telah diatur didalam SNI 03-1729-2002. Lendutan diperhitungkan berdasarkan hal-hal sebagai berikut :

Lendutan yang besar dapat mengakibatkan rusaknya barangbarang atau alat-alat yang didukung oleh balok tersebut. Penampilan dari suatu struktur akan berkurang dari segi estetika dengan lendutan yang besar.

Lendutan yang terlalu besar akan menimbulkan rasa tidak nyaman bagi penghuni bangunan tersebut. Perhitungan lendutan pada balok berdasarkan beban kerja yang dipakai di dalam perhitungan struktur, bukan berdasar kan beban berfaktor. Besar lendutan dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{\max} = \frac{5ql^4}{384.EI} \text{ untuk beban terbagi merata, dan}$$

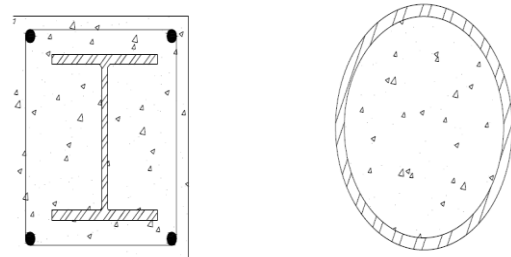
$$f_{\max} = \frac{Pl^3}{48.EI} \text{ untuk beban terpusat di tengah bentang}$$

Kolom Komposit

Kolom komposit didefinisikan sebagai “kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor di dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja dan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

- Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton).
- Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton).



Profil Baja dibungkus beton Pipa baja O didisi beton

Gambar 2.4. Penampang kolom komposit

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan (SNI 03-1729-2002 Ps.12.3.1) :

Luas penampang profil baja minimal sebesar 4% dari luas penampang komposit total.

1. Selubung beton untuk penampang komposit yang berintikan baja harus diberi tulangan baja longitudinal dan tulangan pengekan lateral.
2. Tulangan baja longitudinal harus menerus pada rantai struktur portal, kecuali untuk tulangan longitudinal yang hanya berfungsi memberi kekangan pada beton.

3. Jarak antar pengikat lateral tidak boleh melebihi 2/3 dari dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas minimum penampang tulangan transversal (atau lonitudinal) terpasang. Tebal bersih selimut beton dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transversal minimal sebesar 40 mm;
4. Mutu beton yang digunakan tidak lebih 55 Mpa dan tidak kurang dari 21 Mpa untuk beton normal dan tidak kurang dari 28 Mpa untuk beton ringan.
5. Tegangan leleh profil dan tulangan baja yang digunakan untuk perhitungan kekuatan kolom komposit tidak boleh lebih dari 380 Mpa;

Tebal minimum dinding pipa baja atau penampang baja berongga yang diisi beton adalah $b\sqrt{f_y/3E}$ untuk setiap sisi selebar b pada penampang persegi dan $D\sqrt{f_y/8E}$ untuk penampang bulat yang mempunyai diameter luar D .

Kuat rencana kolom komposit

(SNI 03-1729-2002 Ps. 12.3.2) Kuat rencana kolom komposit yang menumpu beban aksial adalah $\Phi_c N_n$, dengan $\Phi_c = 0,85$.

$N_n = A_s f_{cr}$ Dan $f_{cr} = f_{my} / \omega$

untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$

untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

dengan,

$$\lambda_c = \frac{k_c L}{r_m \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

$$f_{my} = f_y + c_1 f_{yr} \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + c_2 f_c' \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_m = E + c_3 E_c \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_c = 0,041 w^{1,5} \sqrt{f_c'}$$

Keterangan:

A_s = luas penampang beton, mm²

A_r = luas penampang tulangan longitudinal, mm²

E = modulus elastis baja, MPa

E_c = modulus elastisitas beton, MPa

E_m = modulus elastisitas untuk perhitungan kolom komposit, MPa

f_{cr} = tegangan tekan kritis, MPa

f_y = tegangan leleh untuk perhitungan kolom komposit, MPa

f_y = tegangan leleh profil baja, MPa

f_c = kuat tekan karakteristik beton, MPa

k_c = faktor panjang efektif kolom

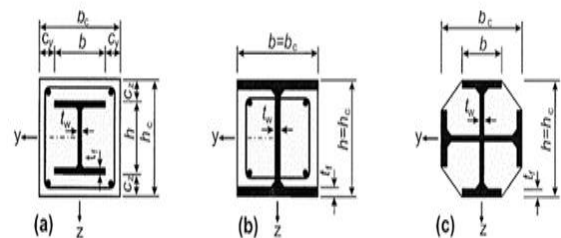
N_n = kuat aksial nominal, N

r_m = jari-jari girasi kolom komposit, mm

λ_c = parameter kelangsingan

ϕ_c = faktor reduksi beban aksial tekan

ω = faktor tekuk



Gambar 2.9. Notasi Penampang kolom komposit

Pada persamaan di atas, c_1 , c_2 , dan c_3 adalah koefisien yang besarnya:

a) Untuk pipa baja yang diisi beton:

$c1=1,0$, $c2 = 0,85$, dan $c3 = 0,4$

b) Untuk profil baja yang diberi selubung beton:

c) $c1 = 0,7$, $c2 = 0,6$, dan $c3 = 0,2$.

Kekuatan rencana kolom komposit yang menahan beban kombinasi aksial dan lentur (LRFD Pasal 7.4.3.3).

a.
$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} \geq 0,2$$

$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} + 8 \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

b.
$$\frac{N_u}{\phi_c \cdot N_n} < 0,2$$

$$\frac{N_u}{2 \phi_c \cdot N_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

dimana :

N_u = Gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor, N

N_n = Kuat nominal penampang, N

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

$\phi_c = 0,85$ (struktur tekan)

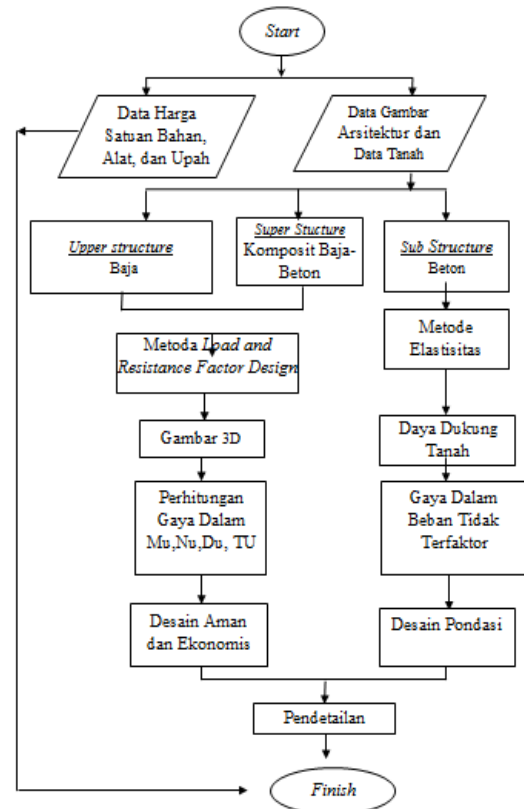
$\phi_b = 0,90$ (struktur lentur)

M_{nx}, M_{ny} = Momen lentur nominal penampang komponen struktur masing-masing terhadap sumbu x dan sumbu y, N.mm

M_{ux}, M_{uy} = Momen lentur terfaktor masing-masing terhadap sumbu x dan sumbu y, N.mm

III. METODE PERENCANAAN

Dengan skema metode perencanaan struktur :

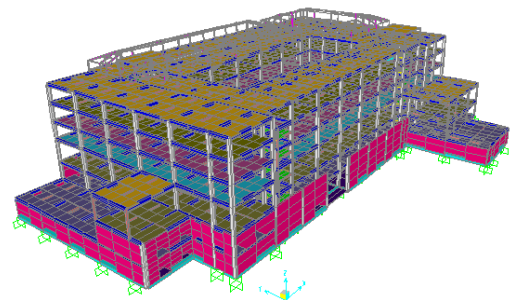


Gambar 3.1. Diagram Skema Perencanaan

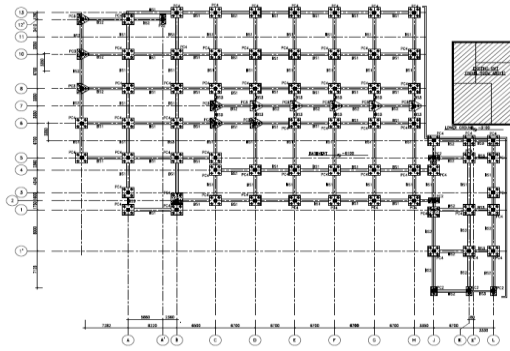
IV. PERENCANAAN

Sistem Struktur

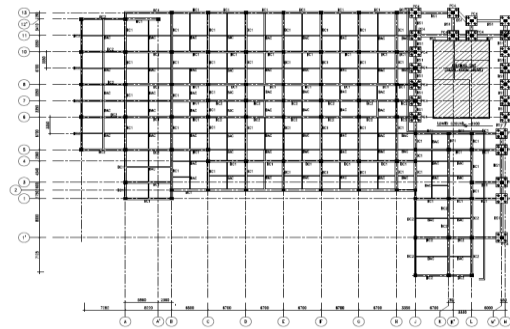
Sistem struktur permodelana SAP 2000 dilihat pada gambar berikut:



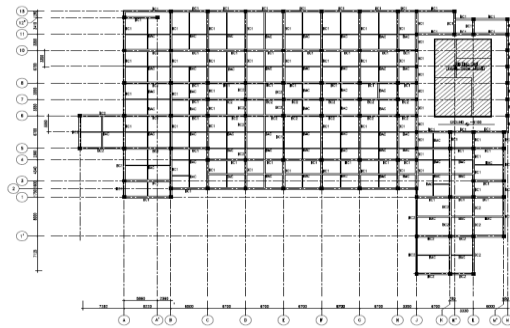
Gambar 4.1 Perspektif Bangunan Hotel Holoday INN Express



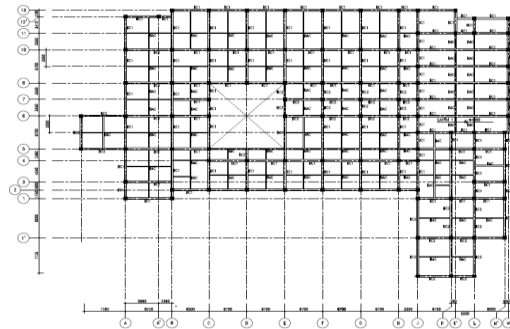
Gambar 4.2 Denah kolom, balok dan pelat lantai pada basement



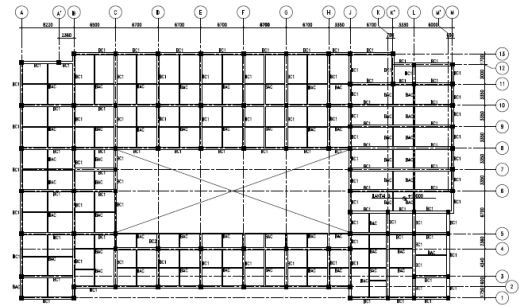
Gambar 4.3 Denah kolom, balok dan pelat lantai Lower Ground



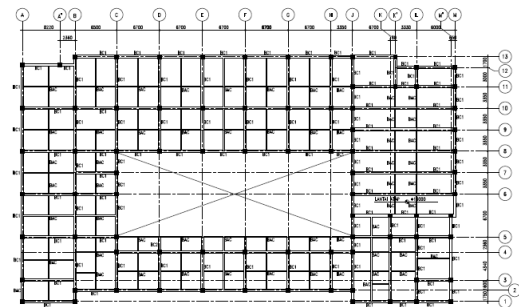
Gambar 4.4 Denah kolom, balok dan pelat lantai Ground



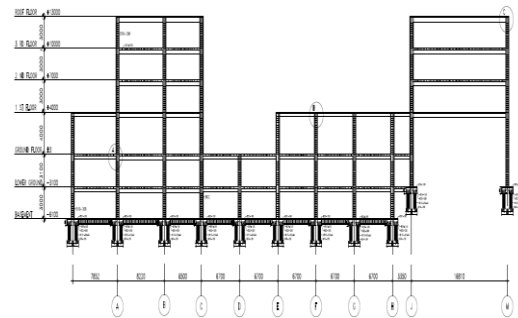
Gambar 4.5 Denah kolom, balok, dan lantai 1



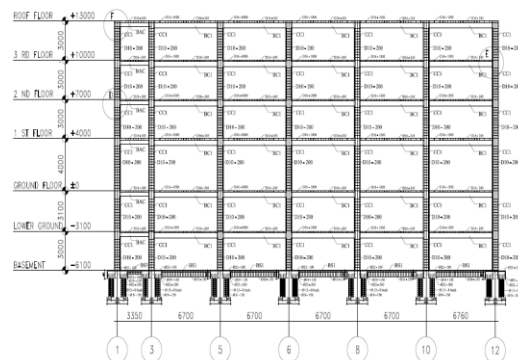
Gambar 4.6 Denah kolom, balok, dan lantai 2 & 3



Gambar 4.7 Denah kolom, balok, dan lantai Atap



Gambar 4.8 Portal arah X



Gambar 4.9 Portal arah Y

Pembebanan pada struktur

Beban – beban yang bekerja pada struktur bangunan ini adalah beban mati tambahan dari atap, berat sendiri struktur, beban hidup, beban angin pada portal, beban tanah, dan beban gempa, yang akan dikombinasikan sesuai dengan kriteria desain.

Kriteria Desain

Standar desain yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung Hotel Holiday Inn Express ini yaitu Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012), dan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-202. Perencanaan ini akan digunakan mutu beton 25 MPa, mutu tulangan 370 MPa untuk ulir dan 240 MPa untuk tulangan polos.

Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)

SNI 1726-2012 sebagai revisi dari Standar Nasional Indonesia SNI 03-1726-2002 akan menjadi acuan perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Analisis beban gempa untuk struktur gedung Hotel Holiday Inn Express adalah dengan menggunakan analisis dinamik respons spektrum. Langkah pertama dalam penentuan respons spektrum adalah menentukan nilai S_{DS} dan S_1 . Dari peta zonasi gempa Indonesia periode 0,2 detik dan 1 detik,

Gedung Hotel ini terletak di Pulau Bali sehingga didapat nilai S_{DS} sebesar 0,652 g dan S_1 sebesar 0,36 g. Langkah selanjutnya adalah penentuan kelas situs, dari data N-SPT didapat nilai $N_{rata-rata}$ sebesar 28,15 karena $N_{rata-rata} < 15$, maka tanah termasuk ke dalam kelas situs D (Tanah Sedang). Setelah kita mendapat nilai S_{DS} , S_1 , dan kelas situs kita dapat menentukan nilai F_a dan F_v dari tabel yang terdapat dalam SNI 1726-2012, sehingga didapat nilai F_a sebesar 1 dan F_v sebesar 1. Kemudian kita dapat menentukan nilai S_{MS} , S_{M1} , S_{DS} , S_{D1} , T_0 , dan T_s yang nantinya nilai-nilai tersebut akan digunakan dalam penggambaran grafik respons spektrum. Setelah menentukan grafik respons spektrum kita dapat menentukan Kriteria Desain Seismik (KDS) dari gedung ini, yaitu KDS tipe D. KDS tipe D ini digunakan untuk perencanaan gedung dengan tingkat resiko kegempaan tinggi. Untuk mengantisipasi gaya gempa yang besar, maka dalam perencanaan struktur gedung ini digunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Bangunan sipil harus memiliki elemen struktur (seperti pelat, balok, kolom, tangga dll) dengan dimensi penampang serta tulangan yang cukup agar bangunan tersebut kuat, nyaman dan ekonomis. Struktur yang kuat berarti tegangan yang terjadi pada setiap penampang tidak melebihi kekuatan bahan dari struktur. Struktur yang aman berarti untuk segala kondisi

pembebanan, struktur tersebut tidak runtuh. Struktur nyaman berarti deformasi dari struktur tidak sampai membuat pemakainya merasa tidak nyaman dalam memakainya. Maka dari itu, pada struktur rangka beton portal terbuka dirancang menggunakan konsep kolom kuat dengan balok lemah, bukan berarti balok lemah dalam artian harafiah, melainkan kolom didesain agar dapat menahan balok pada saat balok mencapai sendi plastis. Dalam SNI Beton, satu sistem struktur dasar penahan beban lateral adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), yaitu sistem rangka ruang ruang dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Sistem rangka pemikul momen (SRPM) dibedakan menjadi Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) atau Elastik Penuh, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) atau Daktail Parsial dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung dimana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca elastik pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar.

Perencanaan Struktur SRPMK Beban dan Kombinasi Pembebanan

Pembebanan pada struktur ini meliputi beban hidup, beban mati, dan beban gempa. Berdasarkan SNI 03-1727-1989 untuk bangunan yang mempunyai fungsi sebagai Lantai sekolah, perkantoran, hotel, asrama, pasar,

rumah sakit dimodelkan mempunyai beban hidup sebesar 250 kg/m², sedangkan untuk lantai atap adalah sebesar 100 kg/m². Besarnya beban mati meliputi beban penutup lantai, adukan/spesi lantai, beban plafon dan penggantung, dan beban dinding. Beban gempa pada proyek Hotel ini menggunakan Analisis Dinamik Respons Spektrum.

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perhitungan struktur beton, antara lain:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L$

Kombinasi 5 digunakan kombinasi akibat pengaruh gempa horisontal dan gempa vertikal.

Untuk $S_{DS} = 0,652$,

$\rho = 1,3$ untuk tipe seismik E

$Q_E = \text{Pengaruh beban horisontal} = E$

Sehingga kombinasi pembebanan menjadi $1,3304D + 1,3 E + L$

6. $0,9D + 1,0W$

7. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + 1,6H$

Kombinasi 7 digunakan kombinasi akibat pengaruh gempa horisntal dan gempa vertikal.

Untuk $S_{DS} = 0,652$,

$\rho = 1,3$ untuk tipe seismik E

$Q_E = \text{Pengaruh beban horisontal} = E$

$H = \text{diambil nol}$

Sehingga kombinasi pembebanan menjadi $0.7696D + 1.3E + L$.

Perencanaan Pelat dan Tangga

Pembebanan pelat dan tangga pada struktur ini meliputi beban hidup dan beban mati yang dikombinasikan dengan mengalikan koefisien 1,2 untuk beban mati dan 1,6 untuk beban hidup. Besarnya beban mati dihitung berdasarkan SNI 03-1727-1989 sebesar 2400 kg/m^3 . Besarnya beban hidup pada lantai gedung berupa : Lantai gedung hotel 250 kg/m^2 , tangga 300 kg/m^2 , pelat atap 100 kg/m^2 . Didapat tebal pelat atap 10 cm dan tebal pelat lantai 14 cm. Perhitungan mekanika untuk tangga menggunakan perletakan sendi-rol sebagai tumpuan. Penulangan pelat dan tangga, dari gaya dalam yang diperoleh selanjutnya dihitung tulangan yang dipasang untuk menahan gaya tersebut sehingga elemen struktur dapat menahan beban yang bekerja. Sehingga didapat dengan tulangan pokok, D10-110 mm untuk pelat lantai basement, D10-100 untuk plat lantai Lower Ground sampai lantai 3 dan D10-110 mm untuk pelat atap. Dan untuk tulangan tangga di dapat D10-125 mm, tebal bordes 150 mm dan sisi miring digunakan D13-200.

Perencanaan Balok Induk Komposit

Kuat Lentur Positif Balok Komposit

- Cek apakah penampang kompak atau tidak kompak

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{13} = 30,77$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} < \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

$$= 30,77 < 108,44 \quad \dots\dots\dots$$

(Penampang kompak)

- Menentukan Lebar efektif

Untuk gelagar interior :

$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq \frac{6.7}{4} = 1,675 \text{ m}$$

$$b_E = 3.35 \text{ m}$$

maka diambil yang terkecil, $b_E = 1,675 \text{ m} = 167,5 \text{ cm}$

Angka ekivalen, n :

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{24103} = 8,30 \approx 9$$

Lebar baja ekivalen :

$$b_{tr} = \frac{b_E}{n} = \frac{167,5}{9} = 18,61 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot T_s = 18,61 \cdot 12 = 223,32 \text{ cm}$$

- Menentukan Letak garis netral penampang trasformasi :

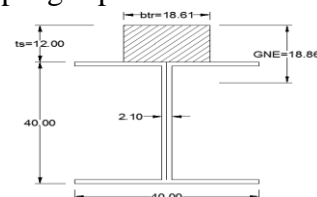
$$GNE = a$$

$$GNE = \frac{A_{tr} \cdot \frac{t_s}{2} + \left(A_s \cdot \left(t_s + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + A_s)}$$

$$GNE = \frac{223,32 \cdot \frac{12}{2} + \left(218,7 \cdot \left(12 + \frac{40}{2} \right) \right)}{(223,32 + 218,7)} = 18,86 \text{ cm}$$

$a > t_s$; garis netral jatuh pda profil baja.

Sehingga didapat transformasi tampang seperti:



Gambar 4.10 Penampang Balok induk trasformasi beton ke baja
(Sumber : AutoCad 2010)

Mentukan nilai gaya tekan C dalam profil baja dan gaya tarik T pada balok

$$C = T$$

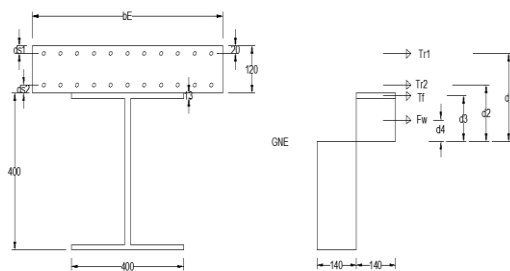
$$\begin{aligned} C &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_{tr} \\ &= 0,85 \cdot 25 \cdot 188,6 \cdot 186,1 \\ &= 5248800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 21870 \cdot 240 \\ &= 5248800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{400}{2} + 120 - \frac{188,6}{2} = 255,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kekutan momen nominal (Mn)
 $M_n = c \cdot d_1 = 5248800 \cdot 255,7 = 1342118160 \text{ Nmm}$
 $\phi M_n = 0,85 \cdot 1342118160 \text{ Nmm}$
 $= 940800436 \text{ Nmm} = 94080,04 \text{ Kgm}$
 $M_u \leq \phi M_n$
 $10114,97 \text{ Kgm} < 94080,04 \text{ Kgm}$
 (Memenuhi)

Kuat Lentur Negatif Balok Komposit



Gambar 4.11 Momen Negatif dengan Distribusi tegangan plastis balok komposit

- Mentukan lokasi gaya tarik ada balok baja
 Luas tulangang di daerah lebar efektif plat beton
 $A_{tr} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$
 $T_{r1} = 8 \cdot A_{tr} \cdot f_{yr} = 8 \cdot 78,5 \cdot 240 = 150720 \text{ N}$

$$T_{r2} = 8 \cdot A_{tr} \cdot f_{yr} = 8 \cdot 78,5 \cdot 240 = 150720 \text{ N}$$

$$T_p = (a_w \cdot t_w + t_f \cdot b_f) f_y$$

$$\begin{aligned} C_p &= \{((h_w - a_w) \cdot t_w) + t_f \cdot b_f\} \cdot f_y \\ \Sigma H &= 0 \end{aligned}$$

$$T + T_p = C_p$$

Agar $\Sigma H = 0$, maka tinggi garis netral a_w diperoleh:

$$a_w = 188,6 \text{ mm}$$

$$h_w = h - 2t_f = 400 - 2 \cdot 21 = 358 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} T_p &= (a_w \cdot t_w + t_f \cdot b_f) f_y \\ &= (188,6 \cdot 13 + 21 \cdot 400) \cdot 240 \\ &= 2393808 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_p &= \{((h_w - a_w) \cdot t_w) + t_f \cdot b_f\} \cdot f_y \\ &= \{((358 - 188,6) \cdot 13) + 21 \cdot 400\} \cdot 240 \\ &= 2544528 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\Sigma H = 0$$

$$T + T_p = C_p$$

$$150720 \text{ N} + 2393808 \text{ N} = 2544528 \text{ N}$$

$$2544528 \text{ N} = 2544528 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya pada sayap ; } F_f &= b_f \cdot t_f \cdot f_y \\ &= 400 \cdot 21 \cdot 240 = 2016000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya pada badang ; } F_w &= T_p - F_f \\ &= 2393808 - 2016000 = 377808 \text{ N} \end{aligned}$$

- Menentukan jarak dari gaya-gaya yang bekerja
 $d_{s1} = d_{s2} = c + \frac{1}{2} \cdot 10 = 20 + 5 = 25 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} d_1 &= a_w + t_f + t_s - d_{s1} \\ &= 188,6 + 21 + 120 - 25 = 304,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_2 &= a_w + t_f + d_{s1} \\ &= 188,6 + 21 + 25 = 234,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_3 &= a_w + t_f/2 \\ &= 188,6 + 21/2 = 119,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_4 &= a_w/2 \\ &= 188,6/2 = 94,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kekuatan momen nominal

$$\begin{aligned}
M_n &= Tr_1 \cdot d_1 + Tr_2 \cdot d_2 + F_f \cdot d_3 + F_w \cdot d_4 \\
&= 150720 \cdot 304,6 + 150720 \cdot 234,6 + 2016000 \cdot 119,1 + 377808 \cdot 94,3 \\
&= 357001118,4 \text{ Nmm} \\
\phi M_n &= 0,85 \cdot 357001118,4 \\
&= 303450950,6 \text{ Nmm} = 30345,09 \text{ Kgm} \\
\text{Syarat ;} \\
M_u &\leq \phi M_n \\
14864,84 \text{ Kgm} &< 30345,09 \text{ Kgm} \\
&\dots\dots\dots (\text{Memenuhi})
\end{aligned}$$

Kuat Geser Nominal Balok Komposit

(Vn)

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}}$$

Dimana K_n = jarak antara slab dengan las

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{6700}{400}\right)^2} = 5,02$$

$$\frac{400}{13} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5,02 \cdot 200000}{240}}$$

$$30,77 < 71,15$$

Kuat geser nominal ;

$$\begin{aligned}
V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot h_w \cdot t_w \\
&= 0,6 \cdot 240 \cdot 358 \cdot 13 = 670176 \\
N &= 67017,6 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

Syarat ;

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$8275,21 \text{ Kg} \leq 0,90 \cdot 67017,6 \text{ Kg}$$

$$8950,04 \text{ Kg} < 60315,84 \text{ Kg} \\
\dots\dots\dots (\text{Memenuhi})$$

Penhubung Geser (*Shear conector*)

Dipakai stud diameter 16 mm, panjang stud (L) 75 mm, dan

tegangan putus stud $F_u = 400 \text{ Mpa}$.

Syarat-syarat penhubung geser ;

$$\begin{aligned}
\sim d_{stud} &\leq 2,5 \cdot t_f \\
16 \text{ mm} &< 2,5 \cdot 21 \\
16 \text{ mm} &< 52,5 \text{ mm} \\
&\dots\dots\dots (\text{memenuhi}) \\
\sim L &\geq 4d \\
75 &> 4 \cdot 16 \\
75 &> 64 \dots\dots\dots (\text{memenuhi})
\end{aligned}$$

• Pada daerah momen positif :

$$\begin{aligned}
C_{max} &= 0,85 \cdot f'_c \cdot A_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot bE \cdot t_s \\
&= 0,85 \cdot 25 \cdot 1675 \cdot 120 \\
&= 4271250 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{max} &= A_s \cdot f_y = 21870 \cdot 240 = 5248800 \text{ N}
\end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil diantara nilai C_{max} dan T_{max} , sehingga gaya dalam beton yang harus dipiku oleh konektor geser adalah $V_h = 4271250 \text{ N}$

Modulus elastisitas beton;

$$\begin{aligned}
E_c &= 0,041 \cdot W^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c} = 0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Luas penampang stud;

$$\begin{aligned}
A_{sc} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Kuat nominal gesern stud;

$$\begin{aligned}
Q_n &= 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\
&= 0,5 \cdot 200,96 \cdot \sqrt{25 \cdot 24102,98} \\
&\leq 200,96 \cdot 400 \\
&= 77998,28 \text{ N} \leq 80384 \text{ N} \\
&\dots\dots\dots (\text{memenuhi})
\end{aligned}$$

Ambil $Q_n = 77998,28 \text{ N}$

Jumlah penghubung geser yang butukan adalah :

$$n = \frac{Vh}{Qn} = \frac{4271250}{77998,28} = 54,76 \approx 55 \text{ buah}$$

(Untuk 1/2 bentang)

$$\text{Jarak longitudinal stud} = \frac{Ln - (2.1/5.Ln)}{\left(\frac{n}{2}\right)} = \frac{6750 - (2.1/5.7700)}{\left(\frac{55}{2}\right)}$$

$$= 245,45 \approx 245 \text{ mm}$$

$$245 \text{ mm} > 6d$$

$$245 \text{ mm} > 96 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

- Pada daerah momen negatif
 $T_{max} = A_r \cdot F_y = 12 \cdot 78,5 \cdot 240 = 226080 \text{ N}$

Jumlah penghubung geser yang dibutuhkan ;

$$n = \frac{T_{max}}{Qn} = \frac{226080}{77998,28} = 2,89 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jadi tulangan longitudinal stud} = \frac{1/5.Ln}{\left(\frac{n}{2}\right)} = \frac{1/5.7700}{\left(\frac{3}{2}\right)} = 1026,67 \approx 1000 \text{ mm}$$

Perencanaan Kolom Komposit

- Cek luas penampang minimum profil baja

$$K_c = 0,65 ; L = 4000 \text{ mm} ; K_c.L = 2600 \text{ mm}$$

$$A_c = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Berat jenis beton (w)} = 24000 \text{ kg/m}^3$$

$$F'_c = 25 \text{ MPa},$$

Syarat:

$$20 \text{ MPa} > F'_c > 55 \text{ Mpa}$$

$$20 \text{ MPa} > 25 \text{ Mpa} > 55 \text{ Mpa} \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

Tulangan utama yang digunakan adalah 8D19 mm

$$A_r = 8 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 = 2267,08 \text{ mm}^2$$

Tulangan sengkang yang terpasang = D10 - 200 mm

Mutu baja profil $F_y = 240 \text{ MPa}$.

- $A_s > 4\%$ luas penampang komposit total

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{21870}{360000} = 0,061 >$$

0,04.....(memenuhi)

- Jarak sengkang = $200 \text{ mm} < 2/3$ dimensi kolom

$$200 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

- Luas tulangan longitudinal $A_{s_t} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 > 0,18 \text{ mm}^2$ spasi tulangan
 $A_{s_t} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 = 283,38 \text{ mm}^2 > 0,18 \text{ mm}^2$

$$A_{s_t} = 283,38 \text{ mm}^2 < 83,52 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

- Luas tulangan sengkang $A_{s_t} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 > 0,18 \text{ mm}^2$ spasi tulangan
 $A_{s_t} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2 > 0,18 \text{ mm}^2$

$$A_{s_t} = 283,38 \text{ mm}^2 < 36 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

- Modifikasi tegangan leleh untuk kolom komposit

Luas bersih penampang beton :

$$A_{c_n} = A_c - A_s - A_r = 360000 - 21870 - 2267,08 = 335862,9 \text{ mm}^2$$

Untuk profil baja yang diberi selubung beton:

$$c_1 = 0,7 ; c_2 = 0,6 ; c_3 = 0,2$$

$$f_{my} = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \cdot \frac{A_r}{A_s} +$$

$$c_2 \cdot f'_c \cdot \frac{A_{c_n}}{A_s}$$

$$= 240 + 0,7 \cdot 240 \cdot \frac{2267,08}{21870} + 0,6 \cdot 25 \cdot \frac{335862,9}{21870} = 487,77 \text{ MPa}$$

$$E_c = 0,041 \cdot w^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c} =$$

$$0,041 \cdot 2400^{1,5} \cdot \sqrt{25} = 24102,98 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_m = E_s + c_3 \cdot E_c \cdot \frac{A_{c_n}}{A_s} = 200000 + 0,2 \cdot 24102,98 \cdot \frac{335862,9}{21870} = 274031,1$$

MPa

Jadi jari-jari girasi modifikasi $r_m = 0,3 \cdot 600 = 180 > r_y = 101$,
Digunakan r_m

$$I_{tr} = r_m^2 \cdot A = 180^2 \cdot 360000 = 11664000000 \text{ mm}^4$$

Parameter kelangsingan :

$$\lambda_c = \frac{K_c \cdot L}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = \frac{2600}{180 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{515,22}{282847,63}} = 0,19$$

Karena $\lambda_c = 0,20 < 0,25$ maka: $\omega = 1$

- c. Kekuatan aksial rencana kolom komposit

$$N_n = A_s \cdot \frac{f_{my}}{\omega} = 21870 \cdot \frac{487,77}{1} = 10667613,24 \text{ N}$$

$$\phi_c N_n = 0,85 \cdot 10667613,24 = 9067471,25 \text{ N}$$

$$N_u \leq \phi_c \cdot N_n$$

$$1439982,10 \text{ N} < 9067471,25 \text{ N}$$

.....(Memenuhi)

- d. Luas beton penumpu A_b yang dibutuhkan

Diasumsi bahwa semua beban desain kolom ϕN_n diaplikasikan sekaligus pada kolom komposit yang dihitung diatas dan luas beton penumpu lebih besar dari pada luas daerah pembebanan.

Kekuatan aksial desain profil WF 400 x 400 ; $\phi N_{n_s} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_y$

$$\phi N_{n_s} = 0,85 \cdot 21870 \cdot 240 = 4461480 \text{ N}$$

Beban tekan desain yang dipikul langsung oleh beton ;

$$\phi N_{n_c} = \phi N_{n_s} - \phi_c N_n = 4461480 \text{ N} - 9067471,25 \text{ N} = 4605991 \text{ N}$$

Syarat yang harus dipenuhi ;

$$\phi N_{n_c} \leq 1,7 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot A_b ; \phi = 0,85$$

$$A_b = \frac{\phi N_{n_c}}{1,7 \cdot \phi \cdot f'_c} = \frac{4605991}{1,7 \cdot 0,85 \cdot 25} = 180627,11 \text{ mm}^2$$

Luas kolom komposit 600 x 600 = 360000 mm²

$$360000 \text{ mm}^2 > 180627,11 \text{ mm}^2$$

.....(Memenuhi)

- e. Kekuatan nominal arah – X dan arah – Y apabila kolom komposit dibebani kombinasi beban aksial dan lentur

$$h_1 = 600 \text{ mm}$$

$$h_2 = 600 \text{ mm}$$

$$A_w = t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f) = 13 \cdot (400 - 2 \cdot 21) = 4654 \text{ mm}^2$$

$$C_r = p + \phi_s + \frac{1}{2} \phi = 30 + 10 \frac{1}{2} \cdot 19 = 49,5 \text{ mm}$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} < 0,2$$

$$\frac{1439982,10}{9576820,19} = 0,16 < 0,2$$

Maka ;

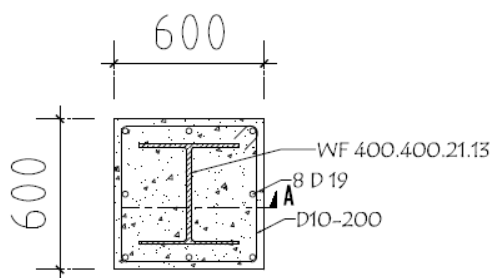
$$M_n = M_p$$

$$= Z_{xy} \left[f_y + \frac{1}{3} \cdot (h_2 - 2 \cdot c_r) \cdot A_r \cdot f_{yr} + \left(\frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot h_1} \right) A_w \cdot f_y \right]$$

$$\begin{aligned}\phi_b M n_x &= 0,85.333000 \left[240 \right. \\ &+ \frac{1}{3} \cdot (600 - 2.49,5) \cdot 2267,08.240 \\ &+ \left(\frac{600}{2} - \frac{4654.240}{1,7.25.600} \right) 4654.240 \left. \right] \\ \phi_b M n_x &= 1256930718856,40 \\ &\text{Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi_b M n_y &= 0,85.112000 \left[240 \right. \\ &+ \frac{1}{3} \cdot (600 - 2.49,5) \cdot 2267,08.240 \\ &+ \left(\frac{600}{2} - \frac{4654.240}{1,7.25.600} \right) 4654.240 \left. \right] \\ \phi_b M n_y &= 422751473008,41 \\ &\text{Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk ; } \frac{N u}{\phi_c N n} &< 0,2 \text{ maka;} \\ \frac{N u}{2 \phi_c N n} + \left(\frac{M u_x}{\phi_b M n_x} + \frac{M u_y}{\phi_b M n_y} \right) &\leq 1,0 \\ \frac{1439982,10}{2.957682,19} + \left(\frac{66142700}{125690718856,94} \right. \\ &+ \left. \frac{212323300}{422751473008,94} \right) \leq 1,0 \\ 0,080 &< 1,0 \\ &\dots\dots\dots(\text{Memenuhi})\end{aligned}$$



Gambar 4.12 Detail Kolom komposit

Perencanaan Sambungan Balok – Kolom

A. Gaya tarik maksimum T_u dari momen lentur

$$\begin{aligned}T_u &= \frac{M u}{h_b - t_{fb}} = \frac{115713100}{400 - 13} \\ &= 299000,26 \text{ N}\end{aligned}$$

B. Pelat braket

WF 400 x 400 dipotong sebagai pelat braket segitiga

Panjang (P) = 400 mm

Lebar (L) = 400 mm

Beban T_u terpusat kira-kira 0,6 b dari tumpuan $e_f = 0,6 \times 400 = 240$ mm

$e = 240 - 400/2 = 40$ mm

beban T_u yang mampu ditahan :

$$t \geq \frac{T_u}{\phi \cdot f_y \cdot \sin^2 \alpha [\sqrt{4e^2 + P^2} - 2e]}$$

$$13 \text{ mm} \geq$$

$$\frac{299000,26}{0,85.240.\sin^2 45 [\sqrt{4.40^2 + 400^2} - 2.40]} = 5,08 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

$$R_u = \frac{T_u}{2L^2} \sqrt{L^2 + 20,25 \cdot e_f^2}$$

$$R_u$$

$$\begin{aligned}&= \frac{299000,26}{2 \cdot 400^2} \sqrt{400^2 + 20,25 \cdot 240^2} \\ &= 1076,12 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\phi_f R n_w = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot t_f$$

$$R_u = \phi_f R n_w$$

$$1076,12 \text{ N/mm} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot t_f$$

$$t_f = \frac{1076,12}{166,5} = 6,43 \text{ mm} \approx 7 \text{ mm}$$

C. Pelat ujung

Beban T_u yang dipikul adalah : 299000,26 mm

Kuat desain baut dalam tarik dalam ;

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \cdot (0,75 \cdot A_b) \cdot f_u^b = \\ &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 283,38) \cdot 370 = 58978,46 \\ &\text{N}\end{aligned}$$

Jumlah baut ;

$$n = \frac{T_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{299000,26}{58978,46} = 5,07$$

$\approx 6 \text{ baut}$

D. Ukuran las dan tebal pelat yang diperlukan ;

$$\phi_f R_{nw \text{ perlu}} = \frac{T_u}{L_w} = \frac{T_u}{2bf - tw}$$

$$= \frac{299000,26}{2.400 - 13} =$$

$$379,92 \text{ N/mm}$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot t_f$$

$$379,92 \text{ N/mm} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 370 \cdot t_f$$

$$t_f = \frac{379,92}{166,5} = 2,28 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

E. Jarak pemasangan minimum baut

$$\phi 19 \text{ mm} = 1,25d = 23,75 \text{ mm}$$

$$S = 23,75 + 8,5 = 32,25 \text{ mm}$$

Tebal pelat t_p yang diperlukan;

$$b' = s - \frac{1}{2} d_b = 32,25 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 22,75 \text{ mm}$$

lebar pelat ujung (w) = 420 mm

$$t_p \geq \sqrt{\frac{4,44 \cdot T_u \cdot b'}{w \cdot f_y \cdot (1 + \alpha \delta)}}$$

$$= \sqrt{\frac{4,44 \cdot 299000,26 \cdot 22,75}{420 \cdot 240 \cdot (1 + 0)}}$$

$$= 17,31 \approx 18 \text{ mm}$$

F. Kontrol kat rencana baut terhadap kombinasi geser dan tarik

$$F_{uv} = \frac{V_u}{n \cdot A_b} \leq r1 \cdot \phi_f \cdot f_u^b \cdot m$$

$$\frac{82752,10}{6.283,39} \leq 0,4 \cdot 0,75 \cdot 370 \cdot 1$$

$$48,67 \text{ N/mm}^2 < 111 \text{ N/mm}^2$$

.....(memenuhi)

$$f_t = f_1 - r2 \cdot f_{uv} \leq f_2$$

$$320 - 1,9 \cdot 48,67 < 310$$

$$242,62 \text{ Mpa} < 310 \text{ Mpa}$$

.....(memenuhi)

$$Td = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n}$$

$$0,75 \cdot 242,62 \cdot 283,39 \geq \frac{299000,26}{6}$$

$$51567,06 \text{ N} > 49833,38 \text{ N}$$

.....(memenuhi)

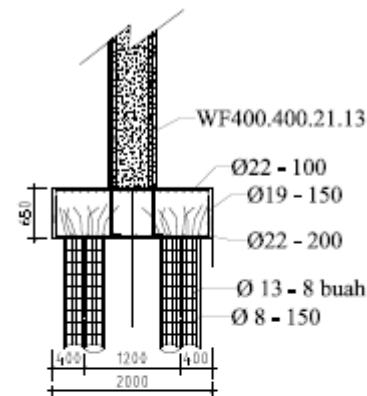
Perencanaan Pondasi Bore Pile

diameter tiang (d) = 50 cm

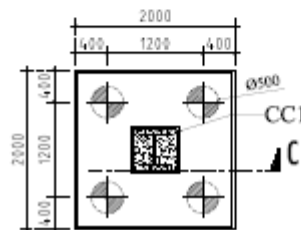
Kedalaman pondasi = 10 m

Dimensi pondasi = 200 x 200 cm

Tebal pelat = 65 cm



Detail Potongan C
Skala 1:20



Gambar 4.13 Detail Pondasi Bore Pile

V. HASIL PERENCANAAN

Kesimpulan

Hasil perencanaan ini lebih menitikberatkan pada bahan yang digunakan serta spesifikasinya secara umum pada tiap struktur bangunan yang meliputi :

1. Perencanaan Gording

Gording menggunakan profil baja C 150 x 75 x 12,5 x 9 mm dengan

menggunakan mutu baja 37 (BJ 37), dimana $f_y = 240$ Mpa dan $f_u = 370$ Mpa.

2. Perencanaan Kuda-Kuda

Untuk rangka atap gedung menggunakan profil baja "WIDE FLANGE" 200 x 100 x 55 x 8 mm dengan menggunakan mutu baja 37 (BJ 37), dimana $f_y = 240$ Mpa dan $f_u = 370$ Mpa.

3. Perencanaan Pelat

Struktur pelat menggunakan beton bertulang dengan ketebalan 12 cm untuk semua jenis pelat tangga, bordes ketebalannya adalah 15 cm dan dinding penahan tanah (DPT) ketebalannya 25 cm. Mutu beton yang digunakan sebesar (f'_c) 25 Mpa dan mutu baja tulangan sebesar (f_y) 320 Mpa tulangan ulir dan (f_y) 240 Mpa tulangan polos.

4. Perencanaan Tangga dan Bordes

Struktur tangga menggunakan beton bertulang dengan tebal 15 cm baik pada anak tangga maupun bordes. Mutu beton yang digunakan sebesar (f'_c) 25 Mpa dan mutu baja tulangan sebesar (f_y) 320 Mpa tulangan ulir dan (f_y) 240 Mpa tulangan polos.

5. Perencanaan Portal

a. Balok

Dimensi balok yang digunakan adalah :

- a. Balok Induk lantai basement sampai lantai atap direncanakan menggunakan IWF 400 x 400 x 13 x 21, dengan mutu baja 37 (BJ

37), dimana $f_y = 240$ Mpa dan $f_u = 370$ Mpa.

- b. Balok anak lantai basement sampai lantai atap direncanakan menggunakan IWF 300 x 100 x 9 x 6,5, dengan mutu baja 37 (BJ 37), dimana $f_y = 240$ Mpa dan $f_u = 370$ Mpa.

- c. Sloof direncanakan menggunakan dimensi 50 x 50 cm dengan mutu beton (f'_c) 25 MPa.

b. Kolom

Kolom yang digunakan adalah kolom komposit dimana profil baja IWF diselimuti oleh beton, dimana direncanakan dimensi Profil IWF 400 x 400 x 21 x 13 dengan mutu baja 37 (BJ 37), dimana $f_y = 240$ Mpa dan $f_u = 370$ Mpa, dengan dimensi setelah diselimuti beton adalah 600 x 600 cm.

6. Perencanaan Pondasi

Struktur pondasi menggunakan tiang bore pile bundar yang berdimensi \varnothing 50 cm dengan kedalaman 10 cm, untuk tipe pondasi dapat dilihat pada lampiran tipe pondasi.

Saran

Adapun saran pada perencanaan struktur bangunan ini adalah sebagai berikut :

1. Demi pertimbangan efisiensi dalam perencanaan struktur bangunan gedung ini sebaiknya kontrol dimensi hasil perencanaan tidak hanya pada bentang elemen struktur

yang mengalami gaya-gaya ekstrim saja.

2. Perhitungan perencanaan struktur sebaiknya tidak hanya dihitung berdasarkan gaya-gaya dalam yang terjadi saja, tetapi juga dihitung berdasarkan ketentuan perencanaan struktur untuk sistem rangka pemikul momen menengah.

Baja, Yogyakarta Desember 1988, Penerbit Kansius.

Modifikasi struktur gedung Tower C Kebagusan City Jakarta menggunakan struktur baja komposit, Web: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-27726-3106100003-Chapter1.pdf>

DAFTAR PUSTAKA

- G. Salmon, Charles & E. Johnson, John. 1991. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku* Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh: Ir. Wira M.S.CE. Jakarta: Erlangga.
- SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.
- SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- SNI 03-1727-1989 tentang Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung.
- SNI 1726:2012 Tentang Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung.
- Ir. Putra Wijaya, MT., Struktur Beton, Universitas Warmadewa Denpasar-Bali
- Agus Setiawan, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002), 2008 PT. Penerbit Erlangga.
- Tugas Akhir, I wayan Suparka, perencanaan Struktur Baja Komposit Hotel Niki Puri Property Di Jalan Gatot Subroto Denpasar. 2008 Universitas Warmadewa.
- Ir. Rudi Gunawan dengan petunjuk Ir. Moeisco, Tabel Profil Kostruksi